飼料玉米耐熱篩選與繁殖

謝光照、陳裕儒
行政院農業委員會農業試驗所

摘　　要

應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性的差異性，進行篩選較耐熱之品種。由 15 個品種所分離的自交系 481 個中根據發芽數、幼苗生長勢、株高與單株鮮重等綜合評估後選出 25%較耐熱之材料，合計選留 120 個，秋作將選留材料進行繁殖。供後續育種材料之應用。

關鍵詞：玉米、品種改良。

前　　言

每一種植物的生長發育都有其特定的溫度需求，一般的生長溫度大約在 0℃–40℃之間，而當環境溫度高於最高溫時，植物受到嚴重損害，甚至死亡。植物體暴露在高於最適生長溫度 5–10℃左右時，所誘導產生的特殊生理反應，稱為熱休克反應 (heat shock response, HS)，熱休克反應除了抑制部分蛋白質的正長合成外，也會合成一類新的蛋白質，稱為熱休克蛋白 (heat shock protein, HSPs)。玉米幼苗植體暴露在 40℃下，1–2 小時，就會有熱休克蛋白產生 (Dietrich, *et al*. 1991; Jorge, *et al*. 2002)。玉米熱休克蛋白具有保護細胞之作用，目前發現在植體的所有器官中均存在熱休克基因及其誘導形成之熱休克蛋白，熱休克蛋白的累積與基因的表現，在不同的時期是相互獨立的多基因家族所誘導產生 (Atkinson, *et al*. 1993)。

一、高溫對營養生長期生育之影響

營養期玉米葉片生長速率，在 10 –35℃範圍內為曲線關係，於 32℃時達最大值，然後呈現下降現象。玉米在營養生長後期遭遇 36℃以上之高溫一段時間，隨後恢復回正常環境下生長，後來植株雄穗呈現延遲開花與發育速率降低；雌穗吐絲期同時延遲現象。高溫逆境下與正常溫度下相較，出現雄穗呈現延遲開花 5 天，雌穗吐絲期延遲 7 天 (Cicchino, *et al*.)。

二、高溫對生殖生長期生育之影響

Cicchino, *et al*. (2010 b) 指出玉米於 11 葉齡期至雄穗抽出期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少；而於吐絲期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株生長速率、果穗生長速率、單株穗數、收穫指數、單株籽粒數及籽粒產量等均明顯降低或減少。Dupuis and Dumas (1990) 在離體 (in vitro) 培養基的試驗結果，顯示成熟的玉米花粉對 40℃的高溫逆境特別敏感，授精不易成功，花粉粒在高溫逆境下不會產生熱休克蛋白，胚珠的熱休克蛋白合成量也減少。在高溫逆境下花粉所受到的影響程度大於胚珠，致授粉成功的機率減少。在田間及離體組培的試驗，發現在玉米授粉後細胞分裂期遭遇 4 天，短暫的 35℃高溫逆境下，其籽粒乾物質減少 35–40%，更嚴重時籽粒呈退化萎縮 (Cheikh and Jones, 1994; 1995; Commuri and Jones, 2001)

三、不同基因型對高溫逆境的耐受性之差異

田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小

時熱浪來襲 (37–39℃)，玉米自交系 B106 葉片會產生日燒及其雄穗枯萎 (tasselingblasting) 現象，而自交系 B76 比 B106 具有較強之耐熱性。根據在人工氣候室精密溫控的試驗顯示 B106 在 34–35℃下，其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象；而 B76 在大於 38℃時才會產生其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象。可能係 B76 比 B106 含有較高的磷脂質含量，對細胞膜產生穩定及保護作用 (Chen *et al*., 2010)。Commuri 與 Jones (2001) 以玉米自交系 B73 和 Mo17 授粉後 5 天的籽粒為材料，在田間及離體培養下，以 35℃連續處理 4–6 天，結果顯示 B73 在離體培養下最終籽粒重較對照處理組減少 40–60%，而田間狀況下則較對照組減少 79–95%；而 Mo17 不論在離體培養或田間狀況下均較對照處理組減少 100% 。上述的結果顯示不同自交系在授粉後細胞分裂期，對高溫的耐受性有程度上的差異存在，導致最後籽粒產量呈現減少的程度呈現不同。

台灣夏作在簡易溫網室種植玉米，中午溫度常大於 37℃以上，也常產生雄穗變小退化，雄穗分支數減少，花粉喪失活性，甚至雄穗整個白化乾枯現象，導致雌穗授粉成功的籽粒極少之現象。因應高溫逆境的預防措施：(1) 避開高溫期栽培。(2) 在台灣夏作栽培之玉米應選用熱帶型品種為宜。(3) 應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。本計畫以苗期之幼苗進行篩選，期望篩選出較耐熱之自交系。

材料與方法

一、工作項目：

種原引進及檢定及應用，自國外引進之玉米族群，包括外來族群 (exotic population)、天然授粉品種 (open-pollinatedcultivar)、合成品種 (synthetic variety)、綜合品種 (composite variety)及已改良族群 (improved population)所分離不同世代之自交系統均能作為耐熱性材料。

二、實施方法：

利用簡易網室與溫室，於 7 月至 8 月高溫期間，將所選種原材料每個種 20 株於盆栽內，於生育期間進行溫網室內溫度變化。

結果與討論

由國外引入及國內育成之 15 品種，泰國 688、菲律賓 703、泰國 Pacific No.11、泰國 963、菲律賓 97-01、泰國 3 號、越南 LVN10、泰國 CPB468、泰國 AMAZDG、泰國 283、XL678、印度種、TN20、TNG1、ICAL210 等經自交分離之不同世代(S_3-S_4)之自交系統 481 個，在高溫期間，將所選種之材料在溫室進行，每個自交系播種 10 株於盆栽內，然後根據發芽數、幼苗生長勢、株高與單株鮮重等綜合評估後選出 25%較耐熱之材料，合計選留 120 個，以供後續育種材料之應用。各品種檢定與選留數量如表 1。

泰國 688 檢定 82 個，其發芽數介於 5-10，生長勢介於 1-3 級，株高介於 56–84cm，單株鮮重介於 10.4–28.6 g，選留 21 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 55–84cm，單株鮮重介於 22.1–28.6 g，詳如表 2。

菲律賓 703 檢定 67 個，其發芽數介於 6–10，生長勢介於 1–3 級，株高介於 55–81cm，單株鮮重介於 8.5–32.1 g，選留 24 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 58–81cm，單株鮮重介於 24.2–32.1g 詳如表 2。

泰國 Pacific 11 檢定 74 個，其發芽數介於 2–10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 36–87cm，單株鮮重介於 2.9–13.7 g，選留 8 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 52–87cm，單株鮮重介於 11.1–13.7 g，詳如表 2。

泰國 963 檢定 87 個，其發芽數介於 0-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 53–80cm，單株鮮重介於 6.0–19.2 g，選留 20 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 55–80cm，單株鮮重介於 13.2–19.2 g，詳如表 2。

菲律賓 97-01 檢定 31 個，其發芽數介於 0-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 45–75cm，單株鮮重介於 8.5–18.3 g，選留 21 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 60–75cm，單株鮮重介於 13.7–17.4 g，詳如表 2。

泰國 3 號檢定 15 個，其發芽數介於 9-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 65–82cm，單株鮮重介於 15.5–28.4 g，選留 5 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 60–80cm，單株鮮重介於 24.0–28.4 g，詳如表 2。

越南 LVN10 檢定 16 個，其發芽數介於 0-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 64–80cm，單株鮮重介於 12.8-23.8 g，選留 4 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 64–80cm，單株鮮重介於 20.4–23.8 g，詳如表 2。

泰國 CPB468 檢定 16 個，其發芽數介於 9-10，生長勢介於 1-3 級，株高介於 55–75cm，單株鮮重介於 8.5–20.5 g，選留 3 個。選留自交系的的性狀表現，株高介於 61–70cm，單株鮮重介於 18.3–20.5 g，詳如表 2。

AMAZDG 檢定 14 個，其發芽數介於 8-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 70–85cm，單株鮮重介於 11.5–31.2 g，選留 4 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 75–80cm，單株鮮重介於 24.4–28.2 g，詳如表 2。

泰國 283 檢定 14 個，其發芽數介於 9-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 70–90cm，單株鮮重介於 14.5–25.2 g，選留 3 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 71–73cm，單株鮮重介於 24.3–25.2 g 詳如表 2。

TNG 1 檢定 12 個，其發芽數介於 8-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 65–95cm，單株鮮重介於 13.5–24.1 g，選留 4 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 74–95cm，單株鮮重介於 22.3–24.1 g 詳如表 2。

表 1. 飼料玉米 15 個品種種源分離世代數量與選留數量

種源	檢定世代	檢定數量	選留數量	選留代號
泰國 688	S_4	82	21	(688-1,7,11,15,17,19,26,32,33,38,43,45,47,56,61,63,65,67,74,79,80)
菲律賓 703	S_4	67	24	(703-2,4,7,9,10,11,14,17,18,21,22,23,24,26,27,32,33,34,39,41.45,48,50,60)
Pacific No.11	S_4	74	8	(11-9,17,18,23,32,38,43,71)
泰國 963	S_4	87	20	(963-1,20,21,23,24,25,27,28,36,39,45,50,51,52,64,65,82,85,86,87)
菲律賓 97-01	S_4	31	9	(97-01-9,12,13,14,15,25,27,28,29)
泰國 3 號	S_3	18	6	(Thai3-2,7,10,13,14,15)
越南 LVN10	S_3	16	4	(LVN10-3,8,13,14)
泰國 CPB468	S_3	16	3	(468-4,7,10)
泰國 AMAZDG	S_3	14	4	(AMAZDG-1,7,13,14)
泰國 283	S_3	14	3	(283-1,2.7)
XL678	S_3	13	4	(XL678-1,7,8,13)
印度種	S_3	14	5	(INDIA-1,3,8,11,13)
TN20	S_3	10	3	(TN20-2,3,9)
TNG1	S_3	12	4	(TNG1-1,3,5,8)
ICAL210	S_3	13	2	(ICAL210-5,8)

印度種檢定 14 個，其發芽數介於 7-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 70–89cm，單株鮮重介於 11.5–26.3 g，選留 5 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 80–89cm，單株鮮重介於 23.1–26.3 g，詳如表 2。

XL678 檢定 13 個，其發芽數介於 8-10，生長勢介於 1-2 級，株高介於 68–85cm，單株鮮重介於 11.0–27.7 g，選留 4 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 65–79 cm，單株鮮重介於 22.3–24.1 g，詳如表 2。

TN20 檢定 10 個，其發芽數介於 8-10，生長勢介於 1-3 級，株高介於 70–85cm，單株鮮重介於 13.6–27.0 g，選留 3 個。選留自交系的性狀表現，株高介於 70–85cm，單株鮮重介於 21.9–27.0 g，詳如表 2。

ICAL210 檢定 13 個，其發芽數介於 7-10，生長勢介於 1-3 級，株高介於 60–75cm，單株鮮重介於 8.7–25.4 g，選留 2 個。選留自交系的性狀表現株高介於 70–75cm，單株鮮重介於 20.8–25.4 g，詳如表 2。

秋作於 9 月 19 日將選留 120 個自交系材料進行田間種子繁殖，目前正在進行人工授粉。

表 2. 各個選留自交系之性狀平均值

自交系	生長勢	發芽數 (No)	株高 (cm)	單株鮮重 (g)	自交系	生長勢 (1-3)	發芽數 (No)	株高 (cm)	單株鮮重 (g)
688-1	1	10	75	23.7	688-45	1	10	55	23.0
688-7	1	10	65	24.2	688-49	1	10	71	22.1
688-11	1	6	80	23.2	688-56	1	10	68	22.7
688-15	1	10	65	25.5	688-61	1	10	73	26.3
688-17	1	10	65	24.8	688-63	1	9	65	23.3
688-19	1	10	84	28.6	688-65	1	10	80	24.3
688-26	1	10	60	23.5	688-67	1	10	65	25.8
688-32	1	10	75	23.3	688-74	1	9	67	25.0
688-33	1	10	64	22.3	688-79	1	10	64	23.0
688-38	1	10	61	24.7	688-80	1	10	68	23.6
688-43	1	10	78	27.5					
703-2	1	9	80	30.4	703-24	1	9	73	26.0
703-4	1	10	75	26.0	703-26	1	10	65	25.1
703-7	1	10	70	28.1	703-27	1	10	70	28.0
703-9	1	10	81	24.0	703-32	1	10	70	28.9
703-10	1	8	58	28.3	703-33	1	8	70	27.2
703-11	1	10	75	26.8	703-34	1	10	70	24.0
703-14	1	10	70	24.2	703-39	1	10	66	32.1
703-17	2	6	75	25.0	703-41	1	10	74	26.2
703-18	1	10	80	24.0	703-45	1	10	74	25.6
703-21	1	10	74	27.7	703-48	1	10	75	28.1
703-22	1	10	70	31.9	703-50	1	10	68	25.5
703-23	1	10	64	25.3	703-60	1	10	68	24.0
Pacific11-9	1	10	57	11.1	Pacific11-32	1	7	87	12.4
Pacific11-17	1	9	53	11.3	Pacific11-38	1	8	62	11.8
Pacific11-18	1	9	55	11.1	Pacific11-43	1	7	64	13.7
Pacific11-23	1	9	52	11.2	Pacific11-71	1	10	55	11.6
963-1	1	7	56	17.0	963-45	1	9	65	14.9
963-20	1	10	65	14.8	963-50	1	10	72	19.2
963-21	1	6	60	13.9	963-51	1	9	70	16.4
963-23	1	10	65	13.4	963-52	1	9	72	15.5
963-24	1	10	69	13.6	963-64	1	10	70	17.6
963-25	1	8	61	13.6	963-65	1	8	70	17.8
963-27	1	7	60	13.7	963-82	2	10	62	15.5

表 2. 各個選留自交系之性狀平均值 (續)

自交系	生長勢	發芽數 (No)	株高 (cm)	單株鮮重 (g)	自交系	生長勢 (1-3)	發芽數 (No)	株高 (cm)	單株鮮重 (g)
963-28	1	10	65	13.2	963-85	1	8	65	14.8
963-36	1	9	70	13.4	963-86	1	10	69	14.8
963-39	1	10	64	14.9	963-87	1	8	55	14.8
97-01-9	1	9	70	13.7	97-01-25	1	10	60	14.6
97-01-12	1	10	70	14.9	97-01-27	1	9	70	17.4
97-01-13	1	10	75	13.8	97-01-28	1	8	73	16.6
97-01-14	1	10	71	15.0	97-01-29	1	9	65	15.6
97-01-15	1	8	65	15.1					
Thai 3-2	1	10	68	28.0	Thai 3-13	1	10	80	26.8
Thai 3-7	1	9	80	25.8	Thai 3-14	1	10	79	28.4
Thai 3-10	1	10	79	24.7	Thai 3-15	1	10	60	24.0
LVN 10-3	1	9	73	23.8	LVN 10-13	1	10	80	21.7
LVN 10-8	1	10	64	20.4	LVN 10-14	1	10	79	20.7
CPB468-4	1	10	61	18.3	CPB468-10	1	10	65	20.4
CPB468-7	1	10	70	20.5					
AMAZDG-1	1	9	75	31.2	AMAZDG-13	1	7	75	24.4
AMAZDG-7	1	10	80	28.2	AMAZDG-14	1	10	80	26.4
Pacific 283-1	1	10	72	24.3	Pacific 283-7	1	10	71	25.1
Pacific 283-2	1	9	73	25.2					
TNG 1-1	1	10	80	24.1	TNG 1-5	1	8	80	22.3
TNG 1-3	1	10	93	22.5	TNG 1-8	1	10	74	22.7
XL678-1	1	9	75	25.1	XL678-8	1	10	73	27.7
XL678-7	1	10	65	23.4	XL678-13	1	9	79	22.6
INDIAN-1	1	10	85	24.4	INDIAN -11	1	10	85	23.1
INDIAN -3	1	10	80	26.3	INDIAN -13	1	10	89	25.4
INDIAN -8	1	9	85	24.1					
TN20 -2	2	10	70	21.9	TN 20-9	1	10	85	27.0
TN20 -3	1	10	75	22.5					
ICAL210 -5	1	10	70	20.8	ICAL210-8	1	10	75	25.4

引用文獻

Atkinson, B. G., M. Raizada, R. A. Bouchard, J. R. H. Frappier, and D. B. WaLden. 1993. The independent stage-specific expression of the 18-kDa heat shock protein genes during microsporogenesis in Zea mays L. Developmental Genetics 14:15-26.

Chen, J., W. Xu, J. J. Burke, and Z. Xin. 2010. Role of phosphatidic acid in the temperature tolerance in maize. Crop Sci.50:2506-2515.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1994. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of cytokinins/abscisic acid balance. Plant Physiol. 106:45-51.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1995. Heat stress effects on sink activity of developing maize kernels. Physiol. Plant 95:59-66.

Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, M. Uribelarrea, and M. E. Otegui. 2010b.Heat stress in field-grown maize:Response of physiological determinants of grain yield. Crop Sci. 50:1438-1448.

Commuri, P. D., and R. J. Jones. 2001. High temperatures during endosperm cell devision in maize: A genotypic comparison under in vitro and field condition. Crop Sci. 41:1122-1130.

Dietrich, P. S., R. A. Bouchard, E. S. Casey, and R. M. Sinibaldi. 1991. Isolation and characterization of a small heat shock protein gene from maize. Plant Physiol. 96: 1268-1276.

Dupuis, I., and C. Dumas. 1990. Influence of temperature stress on in vitro fertilization and heat shock protein synthesis in maize (Zea mays L.) reproductive tissues. Plant Physiol. 94:665-670.

Jorge, N. S., L. M. Martinez, G. Ponce, Cassab, G. I., A. Alagon, R. B. Meeley, J. M. Ribaut, and r. Yang. 2002. Maize HSP101 plats important roles in both induced and basal thermotolerance and primary root growth. The Plant Cell14: 1621 -1633.

Corn Tolerant-heat Germplasm Screen and Reproduction

G. J. Shieh and Y. R. Chen

Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Abstract

To select tolerant varieties to high temperature stress from 481 inbred lines germplasm and reproduction 120 inbred linesi n the program.

Key words: Corn, Breeding.